

**Prosiding Seminar Nasional Kota Berkelanjutan 2018**

Bambang Iswanto, Dwi Indrawati, Diana Irvindyat Hendrawan

p-issn 2621-2048/e-issn 2621-2056

<http://www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/kotaberkelanjutan>DOI: <http://dx.doi.org/10.25105/psnkb.v1i1.2905>

Optimasi Model Bioreaktor Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga di Perkotaan

*Model Optimazion on Urban Domestic Organiz Waste Treatment Bioreactor***Bambang Iswanto, Dwi Indrawati, Diana Irvindyat Hendrawan ***Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti,
Jakarta 11450, Indonesia*Email Koresponden: dianahendrawan@trisakti.ac.id

ABSTRAK

Sampah dari rumah tangga terutama di perkotaan memerlukan penanganan yang efisien dan mempunyai nilai manfaat. Salah satu manfaat dari pengolahan sampah organik adalah biogas. Penelitian ini mengembangkan bioreaktor untuk mengolah sampah organik rumah tangga. Bioreaktor terbuat dari drum yang dilapisi aluminium dan dilengkapi dengan *valve*, pemanas listrik, digital thermometer, digital humidity meter, digital pH meter, penampung gas, barometer dan flow meter. Bioreaktor berukuran tinggi 860 mm dengan diameter 580 mm. Empat bioreaktor disiapkan untuk melihat pengaruh perombakan bahan organik sampah terhadap produksi biogas. Satu bioreaktor tanpa penambahan pemanas listrik, 3 bioreaktor memakai pemanas listrik dengan temperatur 35°C, 45°C dan 55°C. Pemberian suhu 55°C dimana merupakan fase termofilik pada pembuatan kompos, meningkatkan laju biodegradasi bahan organik dan dihasilkan jumlah gas sebesar 21,9 gmol per liter dengan persamaan $y = 0,1208x^2 - 0,3769x + 0,2864$ dan $R^2 = 0,9947$.

Kata Kunci: bioreaktor, fase termofilik, sampah organik, suhu,

1. PENDAHULUAN

Jumlah timbulan sampah meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk. Pengolahan sampah sampai dengan saat ini belum dilakukan dengan optimal. Sampah organik memiliki potensi sebagai penghasil bioenergi. Salah satu gas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi adalah gas metan (CH_4). Biogas merupakan salah satu produk dari teknologi hijau yang sekarang sedang dikembangkan dan merupakan sumber energi alternatif. Hal ini untuk mendukung konsep kota yang berkelanjutan di Indonesia yang memiliki pola kebijakan untuk mengurangi, mendaur ulang dan menggunakan kembali barang-barang yang dikonsumsi. Adanya masalah sampah di perkotaan memerlukan teknologi yang dapat diterapkan dengan cepat untuk mengatasi permasalahan lingkungan.

Dekomposisi anaerobik pada biopolimer organik kompleks menjadi gas metan dilakukan oleh aktivitas kombinasi mikroba. Secara umum dekomposisi ini dapat digolongkan dalam empat tahapan reaksi, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis (Gijzen,

1987 dalam Khaerunnisa, 2013). Biogas yang dihasilkan dari sampah organik mengandung 45,5% CH₄, 32,4% CO₂, 3,1% O₂ dan 18,9% gas lainnya seperti N₂, CO dan H₂S. Jumlah gas yang dihasilkan dipengaruhi oleh komposisi sampah, biodegradabilitas dan lamanya waktu proses (Gonzales, 2011).

Produksi biogas dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain suhu. Suhu optimal untuk meningkatkan laju biodegradasi bahan organik yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas biogas yaitu pada temperatur 55°C. Dalam rentang termofilik, suhu yang tinggi menyebabkan tingkat reaksi biokimia lebih tinggi dan secara nyata dapat meningkatkan gas metan. Suhu juga mempengaruhi pH. Peningkatan suhu akan meningkatkan kelarutan CO₂, sehingga pada fase mesofilik, CO₂ akan lebih mudah larut dan menghasilkan asam karbonat dalam air, sehingga meningkatkan keasaman. Pemberian suhu yang lebih tinggi mempercepat proses degradasi bahan organik (Dobre dkk, 2014). Zhao dkk (2016) menyatakan bahwa rentang suhu yang tepat untuk meningkatkan biodegradasi sampah berkisar antara 22°C sampai 45°C. Resirkulasi leachate dengan penambahan efektif mikroorganisme, lebih stabil dan didapat produksi gas yang lebih banyak (He dkk, 2005).

Pemanfaatan sampah menjadi biogas terkendala oleh alat. Sampai saat ini bioreaktor skala rumah tangga untuk pengolahan sampah menjadi biogas masih terbatas. Berdasar pada pemikiran bahwa proses dapat dipercepat dengan penambahan suhu pada sampah organik, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model bioreaktor pengolahan sampah organik rumah tangga.

2. METODE PENELITIAN

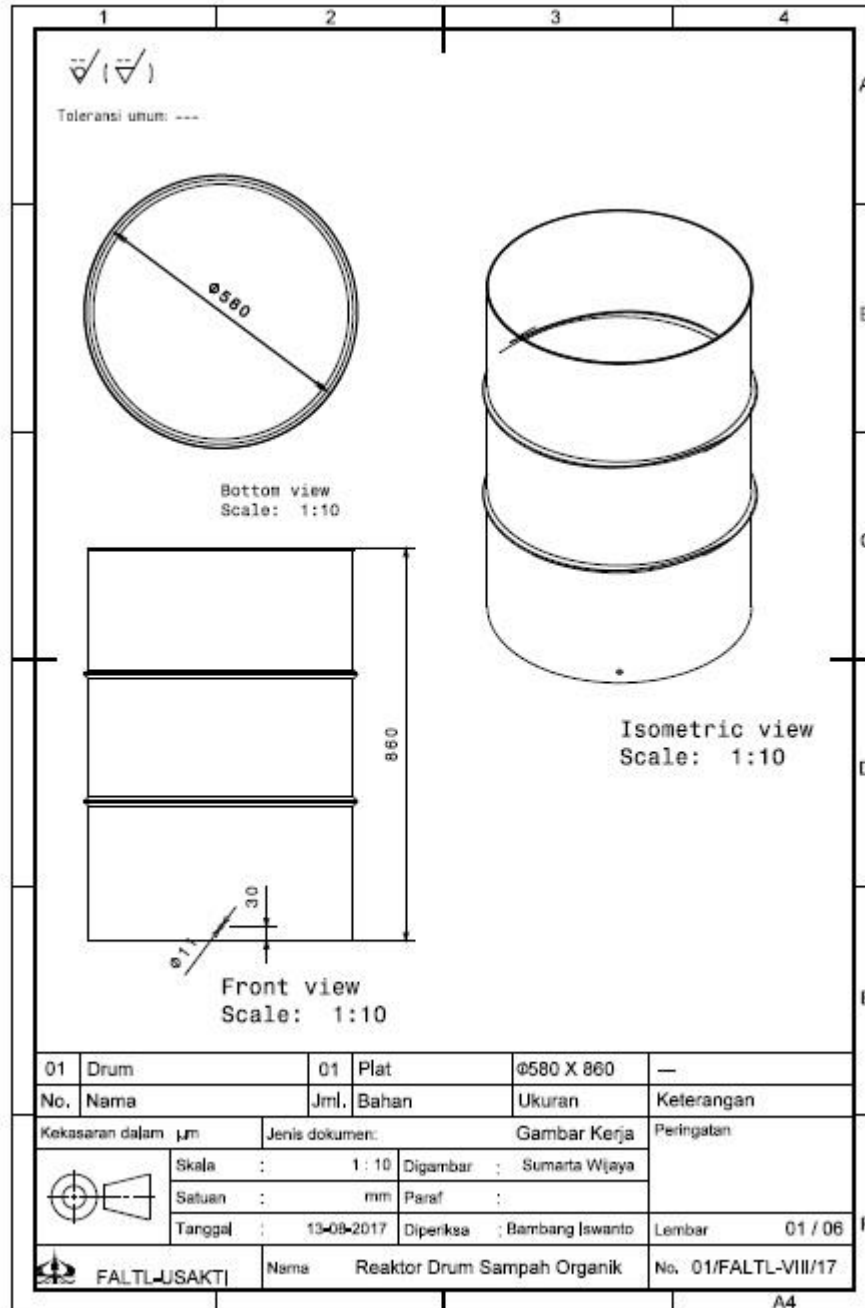
2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 1 dan desain reaktor tertera pada Gambar 1-6.

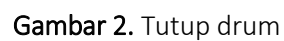
Tabel 1. Alat penelitian

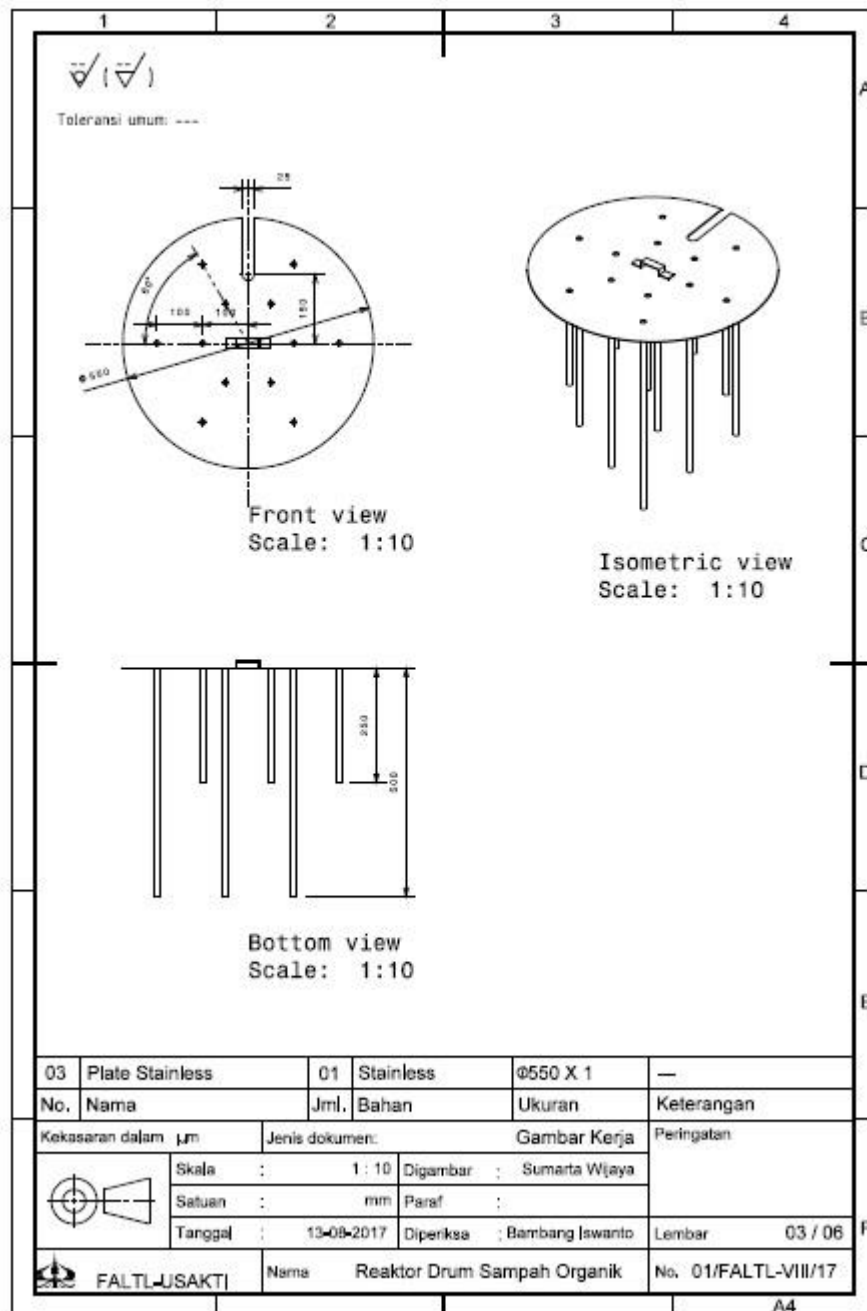
No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah (Buah)
1	Reaktor	Tong dengan modifikasi	4
2	Valve	½ inch	9
3	Pemanas Listrik	-	4
4	Kondensor	-	4
5	Digital Thermometer	Showrange SR 300B	4
6	Digital Humidity Meter	Showrange SR 300B	4
7	Digital pH Meter	Showrange SR 300B	4
8	Penampung Gas	2 liter	4
9	Gelas Ukur	500 ml	1
10	Barometer	15 bar	1
11	Flowmeter	l/menit	1

Pelapis drum menggunakan aluminium foil dengan perekat sehingga permukaan di dalam reaktor terlapis dengan logam anti oksidasi. Dengan demikian tidak akan terjadi karat dan bocor. Selain itu pelapisan aluminium *foil* dalam menyebabkan distribusi panas lewat penyebaran panas secara konduksi.

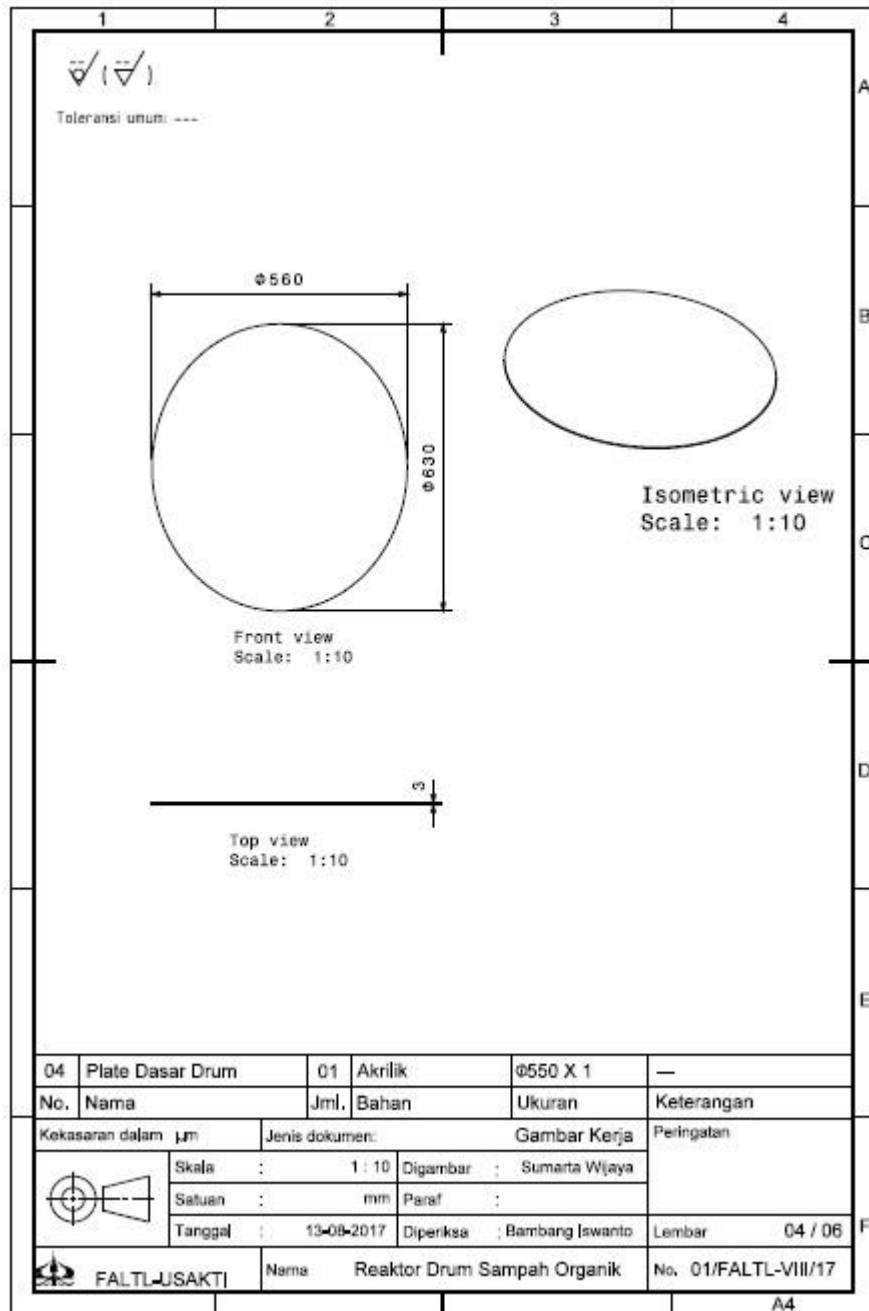


Gambar 1. Drum sebagai bahan reaktor

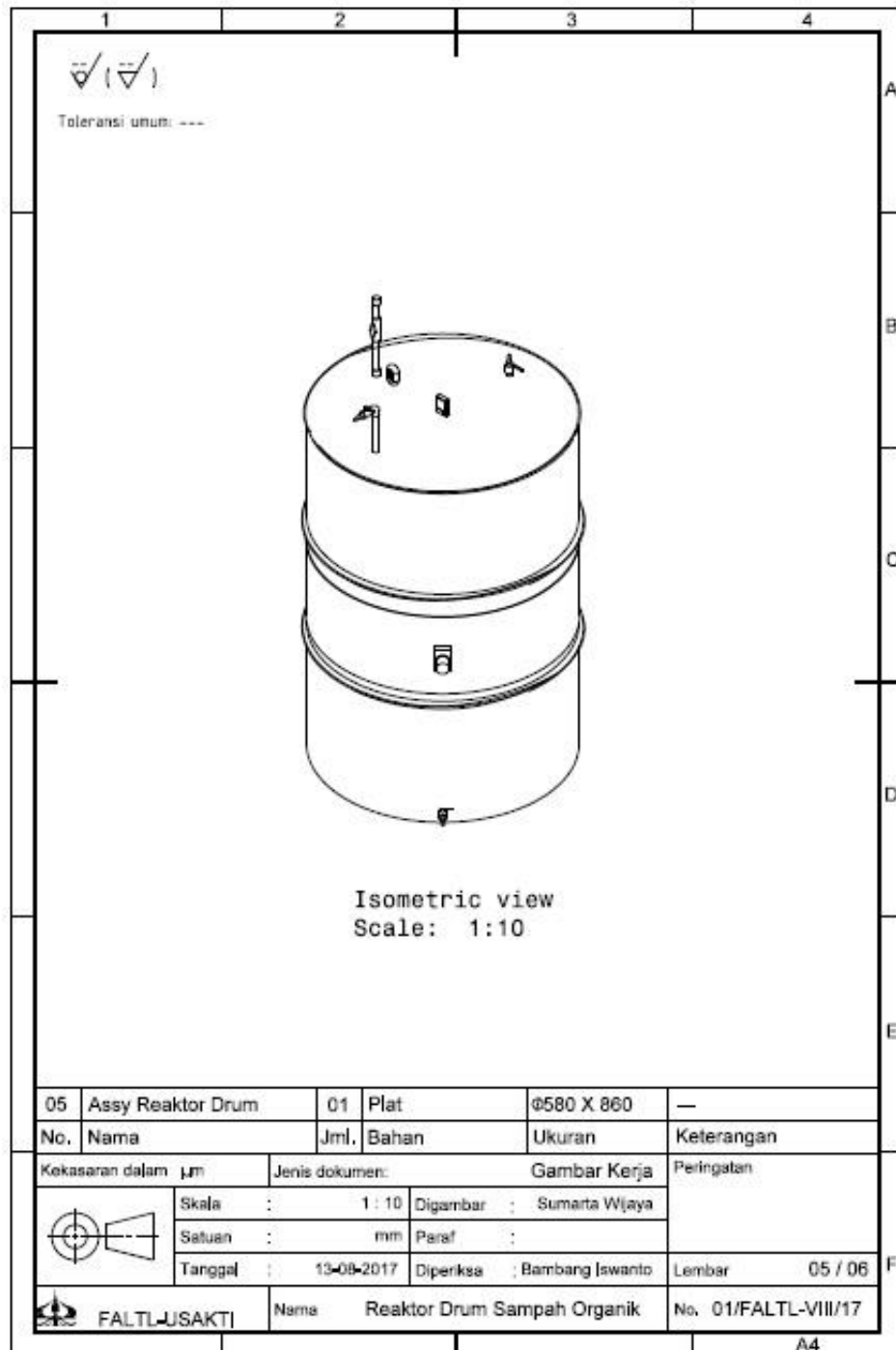




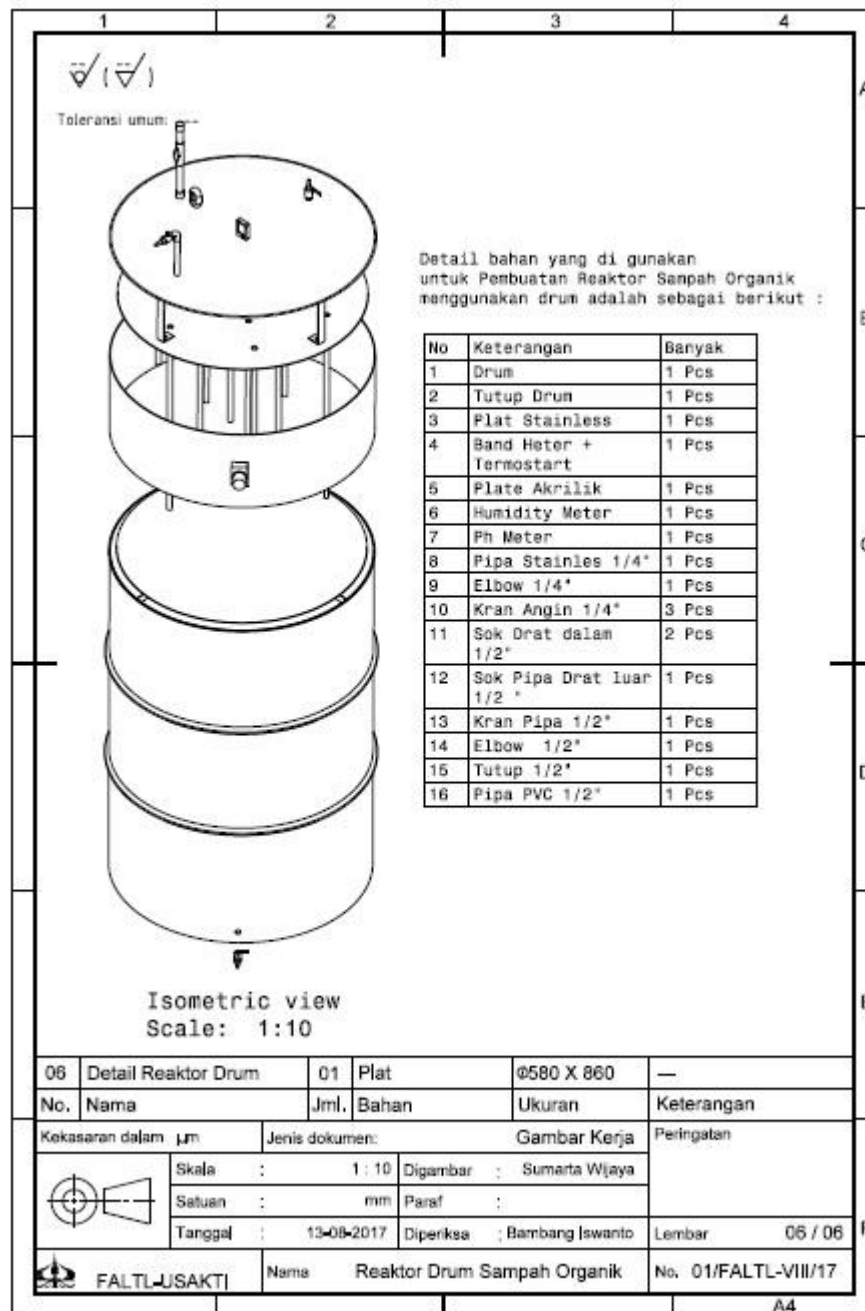
Gambar 3. *Plate stainless* dilengkapi dengan pengukur ph, suhu, kelembaban dan aliran listrik



Gambar 4. Plate dasar drum



Gambar 5. Drum dengan perlengkapan



Gambar 6. Detail reaktor drum

2.2 Bahan

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini merupakan sampah organik rumah tangga dan pasar seberat 25 kg yang dimasukkan pada masing-masing reaktor.

2.3 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari 4 perlakuan. Tabel 2 memperlihatkan rancangan percobaan.

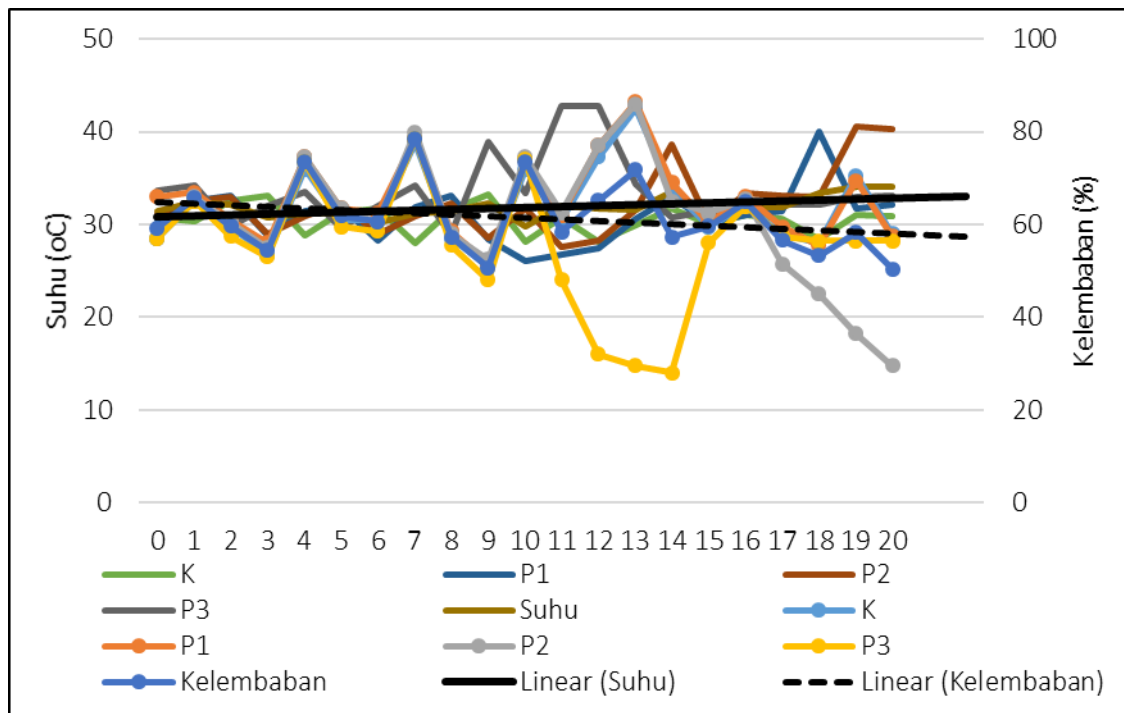
Tabel 2. Rancangan percobaan

Kode	Perlakuan
K	Resirkulasi <i>leachate</i> yang terbentuk pada variasi temperatur 25 kg sampah organik (kontrol)
P1	25 kg sampah organik + <i>leachate</i> pada kondisi perlakuan dengan temperatur 35°C
P2	25 kg sampah organik+ <i>leachate</i> pada kondisi perlakuan dengan temperature 45°C
P3	25 kg sampah organik+ <i>leachate</i> pada kondisi perlakuan dengan temperatur 55°C

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

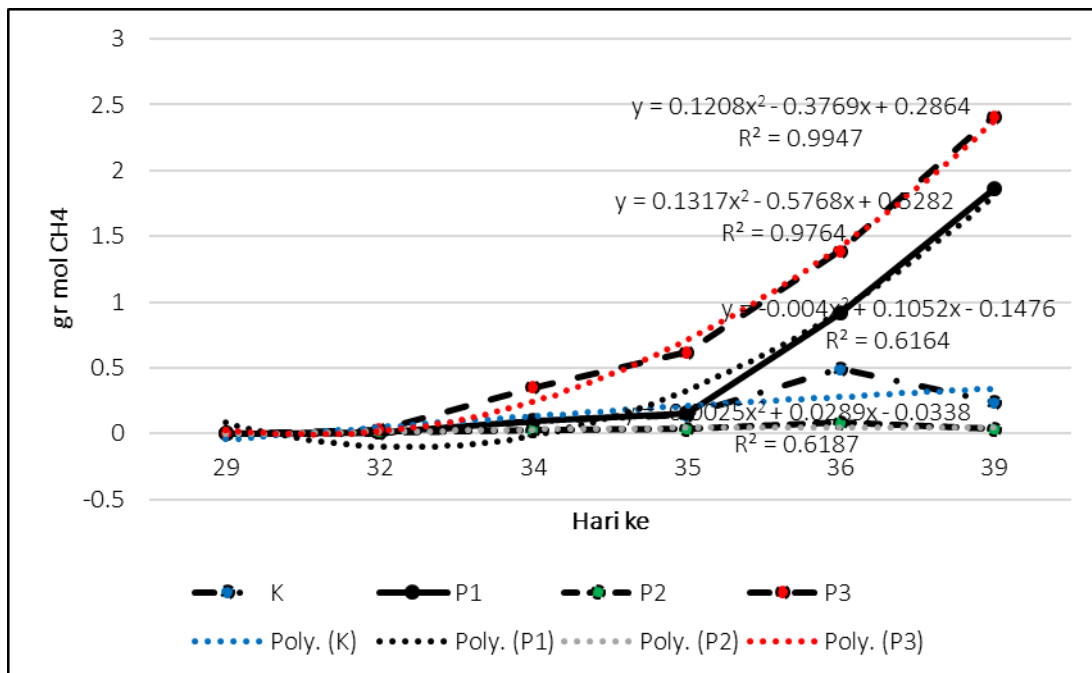
Proses degradasi bahan organik sampah sangat dipengaruhi oleh mikroorganisme. Keberadaan mikroorganisme ini sangat penting sehingga faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme harus disiapkan dengan baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba antara lain adalah suhu, pH, kelembaban, nutrisi, dan sebagainya. Mikroorganisme di dalam reaktor anaerob akan saling bersimbiosis mutualisme dalam merombak bahan organik dan menghasilkan senyawa seperti CO₂ dan CH₄.

Pemberian panas melalui pengaliran energi listrik ke dalam reaktor dimaksudkan untuk mempercepat proses. Diasumsikan, bahan baku yang telah mengalami perlakuan penambahan panas dengan variasi suhu 35°C, 45°C dan 55°C, akan masuk pada fase methanogenesis. Pada fase ini, perombakan bahan organik akan terjadi lebih cepat. Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara suhu dengan kelembaban. Terlihat bahwa pada proses selama 20 hari, terjadi kecenderungan peningkatan suhu pada bahan baku yang diikuti dengan berkurangnya kelembaban.



Gambar 7. Hubungan antara suhu dengan kelembaban

Kelembaban dalam reaktor dipengaruhi oleh keberadaan bahan baku yang dipakai. Kelembaban di dalam reaktor berkisar antara 28 - 74.5%. X (2009) menyatakan bahwa limbah makanan akan menghasilkan gas metan pada kelembaban 80 - 90%. Liota dkk (2014) menyatakan bahwa produksi gas metan akan berkurang jika total solid dan ukuran partikel besar. Produksi biogas meningkat saat kadar air meningkat pada kelembaban 70 - 80% (Alnakeeb, 2017). Berdasarkan kondisi ini, terlihat bahwa kelembaban dalam reaktor lebih kecil daripada yang ditetapkan untuk dapat menghasilkan gas metan secara optimal. Diduga karena dalam komposisi bahan yang dipakai, selain sampah dapur juga dicampur dengan daun-daun kering dari sampah sapuan taman.



Gambar 8. Produksi biogas dari tiap perlakuan

Suhu merupakan faktor penting dalam produksi biogas. Sebagian besar mikroorganisme pembentuk asam tumbuh di bawah kondisi mesofilik. Waktu tumbuh ideal minimal 10-15 hari. Suhu dalam reaktor penelitian berkisar antara 28,3 – 42,75°C. Biogas yang dihasilkan pada hari ke 39 dari tiap perlakuan dengan volume gas tertampung sebanyak 110 liter adalah K sebanyak 0,23 gmol (2,18 gmol/liter), P1 sebanyak 1,86 gmol (16,92 gmol/liter), P2 sebanyak 0,034 gmol (0,304 gmol/liter) dan P3 sebanyak 2/41 gmol (21,90 gmol/lit). Dari ke empat perlakuan tersebut terlihat bahwa perlakuan 3 (P3) dengan pemberian suhu 55°C menghasilkan jumlah gas yang lebih besar dibandingkan dengan lainnya dengan waktu 39 hari.

Penghitungan yang dipakai adalah reaksi dengan orde dua. Reaksi orde dua adalah *reaksi ang laju reaksi bergantung pada konsentrasi satu reaktan (dalam hal ini suhu, yang dipangkatkan dengan bilangan dua. Hal ini ditetapkan dengan pertimbangan pemberian suhu pada awal proses terjadi pada temperatur termofilik maka laju reaksi akan meningkat 2 kali dari semula. Proses pengomposan pada umumnya, fase termofilik, yaitu meningkatnya aktivitas mikroba menyebabkan kenaikan termperatur 40 – 60°C dan fase termofilik akan dicapai dalam waktu 4 – 6 hari. Proses dekomposisi tertinggi dicapai pada temperatur 50 – 60°C. Pada penelitian ini pemberian suhu 55°C sejak awal proses diharapkan kondisi termofilik akan terbentuk lebih cepat sehingga akan dihasilkan gas CH₄ yang lebih cepat dan lebih banyak.*

Persamaan yang didapat $y = 0,1208x^2 - 0,3769x + 0,2864$ dengan $R^2 = 0,9947$ yaitu waktu proses sampah organik selama 39 hari dengan pemberian suhu 55°C berpengaruh sebesar 99,47% terhadap gas yang dihasilkan.

Wang dkk (2014) menyatakan, peningkatan suhu akan berpengaruh pada pengurangan karbon dan nitrogen sehingga menimbulkan efek yang menghambat. Limbah dapur dan residu sayuran dan buah yang dipanaskan sampai 175°C selama 60 menit akan menurunkan methana sebanyak 7,9 - 11,7% karena produksi melanoidin (Liu, 2012). Suhu optimal untuk meningkatkan laju biodegradasi bahan organik yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas biogas yaitu pada temperatur 55°C . Dalam rentang termofilik, suhu yang tinggi menyebabkan tingkat reaksi biokimia lebih tinggi dan secara nyata dapat meningkatkan gas methan. Suhu juga mempengaruhi pH. Peningkatan suhu akan meningkatkan kelarutan CO_2 , sehingga pada fase mesofilik, CO_2 akan lebih mudah larut dan menghasilkan asam karbonat dalam air, sehingga meningkatkan keasaman. Pemberian suhu yang lebih tinggi mempercepat proses degradasi bahan organik (Dobre dkk, 2014). Zhao dkk (2016) menyatakan bahwa rentang suhu yang tepat untuk meningkatkan biodegradasi sampah berkisar antara 22°C sampai 45°C .

4. KESIMPULAN

Pemberian suhu 55°C pada pembuatan kompos mempercepat proses pada fase termofilik sehingga meningkatkan laju degradasi bahan organik dan dihasilkan jumlah gas sebesar 21,9 g/mol per liter. Waktu proses sampah organik selama 39 hari dengan pemberian suhu 55°C berpengaruh sebesar 99,47% terhadap gas yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan dana penelitian melalui Hibah Penelitian Produk Terapan dengan Nomor Kontrak Penelitian: 0408/K3/KM/2017.

DAFTAR PUSTAKA

Alnakeeb, A.N., Najim, K dan Ahmed, A. 2017. *Anaerobic Digestion of Tomato Wastes from Groceries Leftovers: Effect of Moisture Content*. International Journal of Current Engineering and Technology. 7(4).

- Dobre, P., Nicolae, F. dan Florentina Matei, F. 2014. *Main factors affecting biogas production - an overview*. Romanian Biotechnological Letters. 19(3).
- Gonzales, C., Buenrostro, O., Marquez, L., Hernandez, C., Moreno, E and Robles, F. 2011. *Effect of Solid Wastes Composition and Confinement Time on Methane Production in a Dump*. Journal of Environmental Protection. 2:1310-1316.
- He, R., Shen, D.S. and Wang, J, Q. 2005. *Biological Degradation of MSSW in a Methanogenic Reactor Using Treated Leachate Recirculation*. Process Biochemistry 40:3660-3666.
- Khaerunnisa, G dan Ika, R. 2013. *Pengaruh pH dan COD Rasio COD: N Terhadap Produksi Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse)*. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, 2(3):1 – 7.
- Koledzi, E.K., Aina, M.P., Segbeaya, K.N., Thom, M.T., Baba, G dan Agbebavi, J.T. 2016. Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology. November 2016, pp 89-95
- Lay, J.J., Li, Y.Y., Noike, T., Endo, J. and Ishimoto, S. 1997. *Analysis of Environmental Factors Affecting Methane Production from High-Solids Organic Waste*. Water Science Technology, 36(6-7): 493-500. Elsevier Science Ltd.
- Liotta, F. Antonio, G. dan Esposito, G. 2014. *Effect of Total Solid Content on Methane and Volatile Fatty Acid Production in an aerobic Digestion of Food Waste*. Sage Journal. 32(10).
- Wang, X., Lu, X, Li, F dan Yang, G. 2014. *Effects of Temperature and Carbon-Nitrogen (C/N) Ratio on the Performance of Anaerobic Co-Digestion of Dairy Manure, Chicken Manure and Rice Straw: Focusing on Ammonia Inhibition*. Plos One. May 2014. 9(5)
- Zhang, B., Lye, L., Kazemi, K., dan Lin, K. 2013. *Development of Advanced Composting Technologies for Municipal Organic Waste Treatment in Small Communities in Newfoundland and Labrador*. Final Report. Harris Centre Applied Research Fund. Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland St. John's, Newfoundland and Labrador, Canada.
- Zhao, Y.R., Liu, T.J., Chen, X.S., Xie, Q dan Huang, L.P. 2016. *The Effect of Temperature on the Biodegradation Properties of Municipal Solid Waste*. Sage Journals. 34(3).